



FACULTAD DE  
AGRONOMIA



SUSTAINABLE FARMING  
SYSTEMS CO-INNOVATION

# Simulación de la mineralización de la materia orgánica del suelo

**Seminario interno Proyecto  
EULACIAS**

**Montevideo 22 de abril de 2008**

**Responsables:**

**Ing. Agr. PhD Santiago Dogliotti**

**Ing. Sist. Jorge Corral**

# Esquema del seminario

- Relevancia y objetivos de la simulación de la dinámica de la materia orgánica del suelo (MOS) – (10 min.)
- Métodos o enfoques en los modelos de simulación de la MOS – (15 min.)
- Base teórica del modelo ROTSOM, ventajas y limitaciones – (35 min.)
- Introducción al uso del modelo ROTSOM – (120 min.)

# La MOS es el principal indicador de calidad de suelo

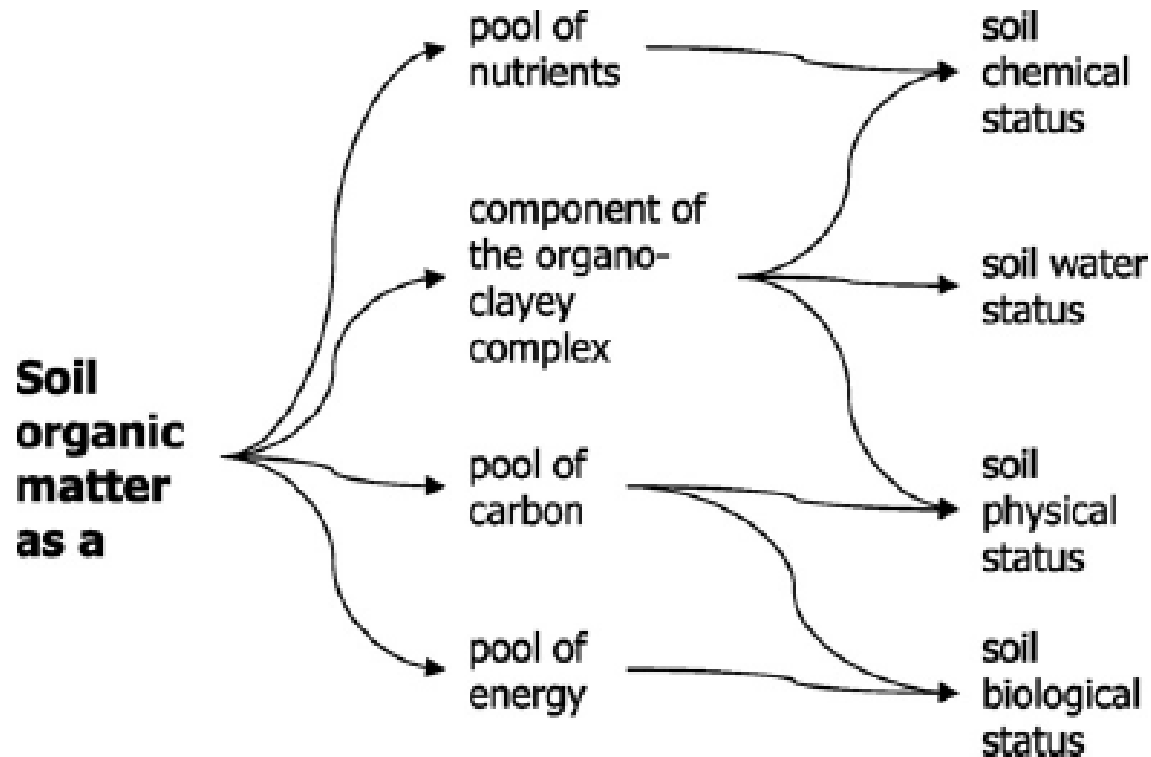


Fig. 1. Relationships between soil organic matter and soil fertility.

Extraído de Raphae J. Manlay, Christian Feller y M.J. Swift, 2007.  
Agriculture, Ecosystems and Environment 119 (2007) 217–233

# La MOS es el principal indicador de calidad de suelo

Tiene efecto en la calidad física, química y biológica del suelo y por lo tanto es de gran relevancia para la sostenibilidad de los rendimientos de cultivos y pasturas.

Entre otras cosas afecta:

- Estructura (aireación, crecimiento radicular, resistencia erosión)
- Capacidad del suelo de suministrar agua a los cultivos
- Capacidad del suelo de suministrar nutrientes a los cultivos
- Actividad biológica y 'supresividad' del suelo de patógenos

# Objetivos de la simulación de la dinámica de la MOS

- Comprender los procesos que intervienen en la transformación de la materia orgánica desde restos frescos y muy activos hasta compuestos muy viejos, complejos y recalcitrantes
- Predecir el impacto de sistemas de manejo en la calidad del suelo, y en la sostenibilidad de los rendimientos (balance de nutrientes, etc.)
- Elaborar planes racionales de fertilización de cultivos
- Predecir el impacto del cambio climático global y su interacción con las reservas de carbono en el suelo

# Tipos de modelos de simulación de la MOS

- Process-oriented multi-component models
  - Especializados en la simulación de la dinámica del carbono y otros nutrientes en el suelo en el largo y corto plazo (ej. CENTURY y ROTH-C).
  - Módulos dentro de modelos de simulación de Sistemas de Cultivos (CERES, SUNDIAL, STICS, NC-SOIL)
- Mono-component models (Kortelevan, Yang and Janssen, NDICEA)

# Process-oriented multi-component models

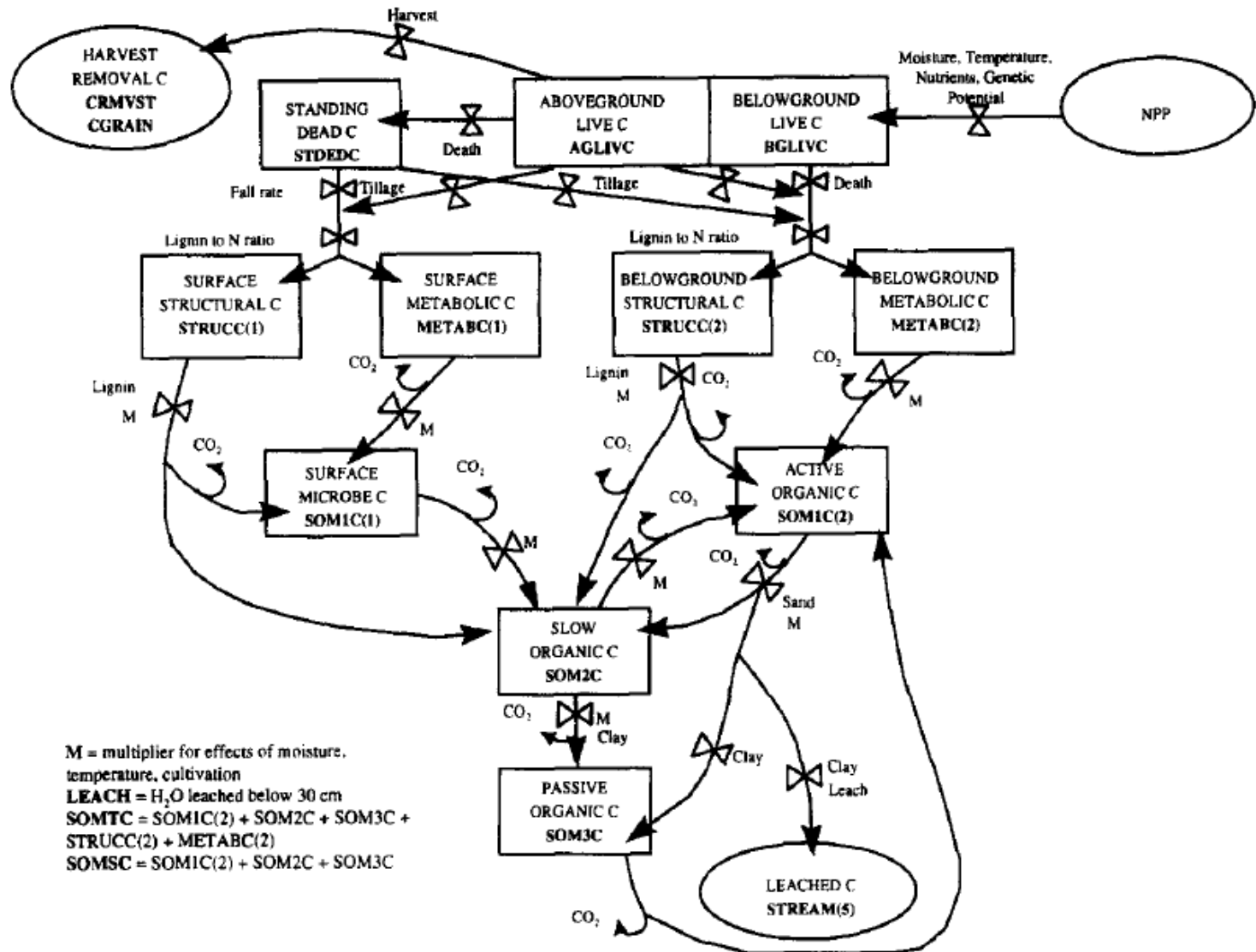


Fig. 1. Diagram of pools and fluxes in the Century model. Following Metherell et al. (1993).

*Extraído de R.H. Kelly et al. / Geoderma 81 (1997) 75-90*

# Process-oriented multi-component models

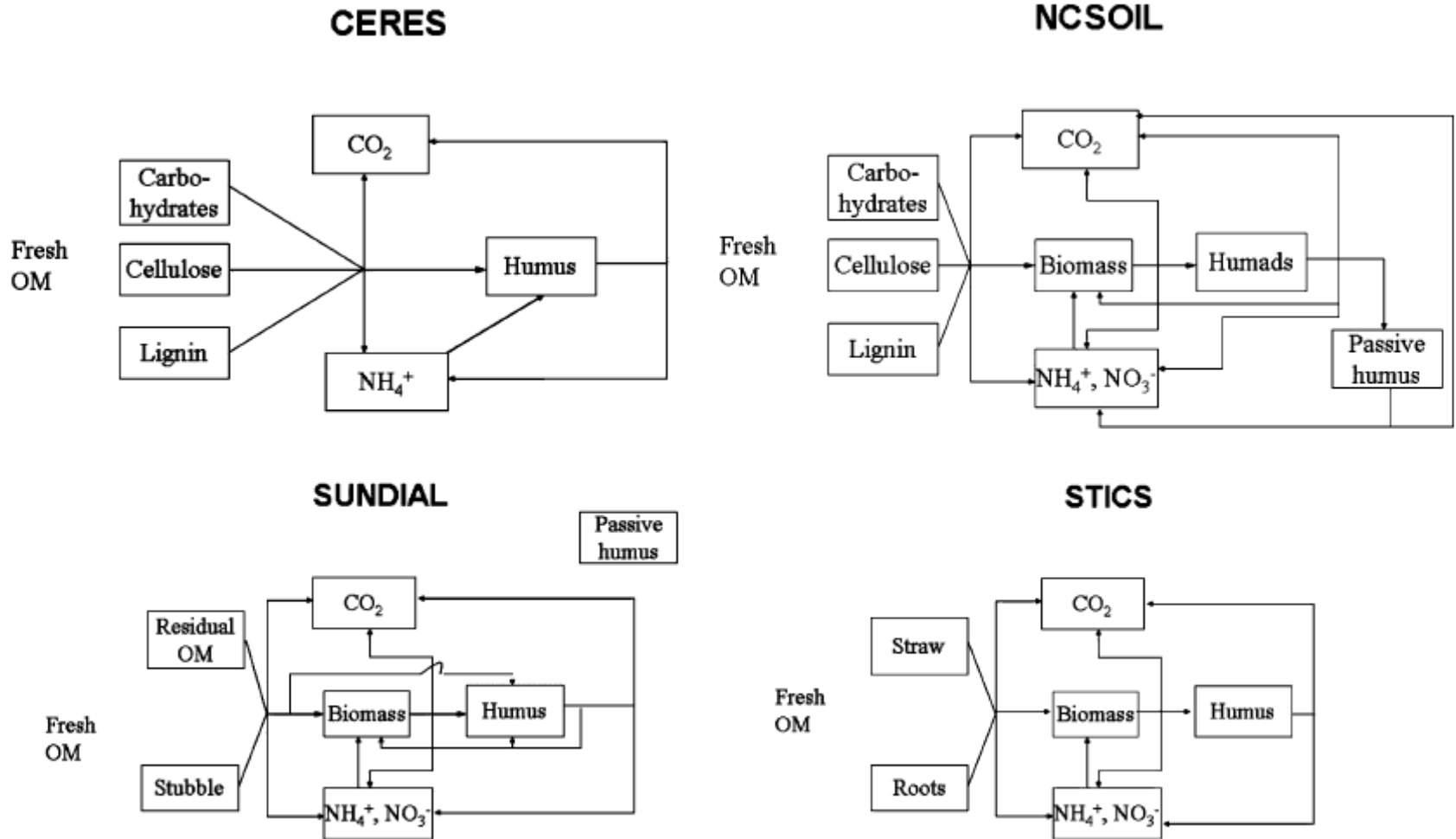


Fig. 1. Flow charts of the four soil C–N turnover modules tested. The dotted line with double arrows indicates mineralization into the inorganic C and N pools. In NCSOIL, ‘humads’ correspond to the active humus compartment.

# Bases teóricas del modelo ROTSOM

1. Contenido de materia orgánica del suelo en estado estable

Hipótesis (Henin y Dupuis, 1945; Kortelevan, 1963):

- De la materia orgánica fresca aplicada un porcentaje se transforma en humus luego de un período determinado de tiempo, usualmente 1 año.
- Por año, se descompone un porcentaje fijo de la MOS

$$1. \quad Y_1 = hX$$

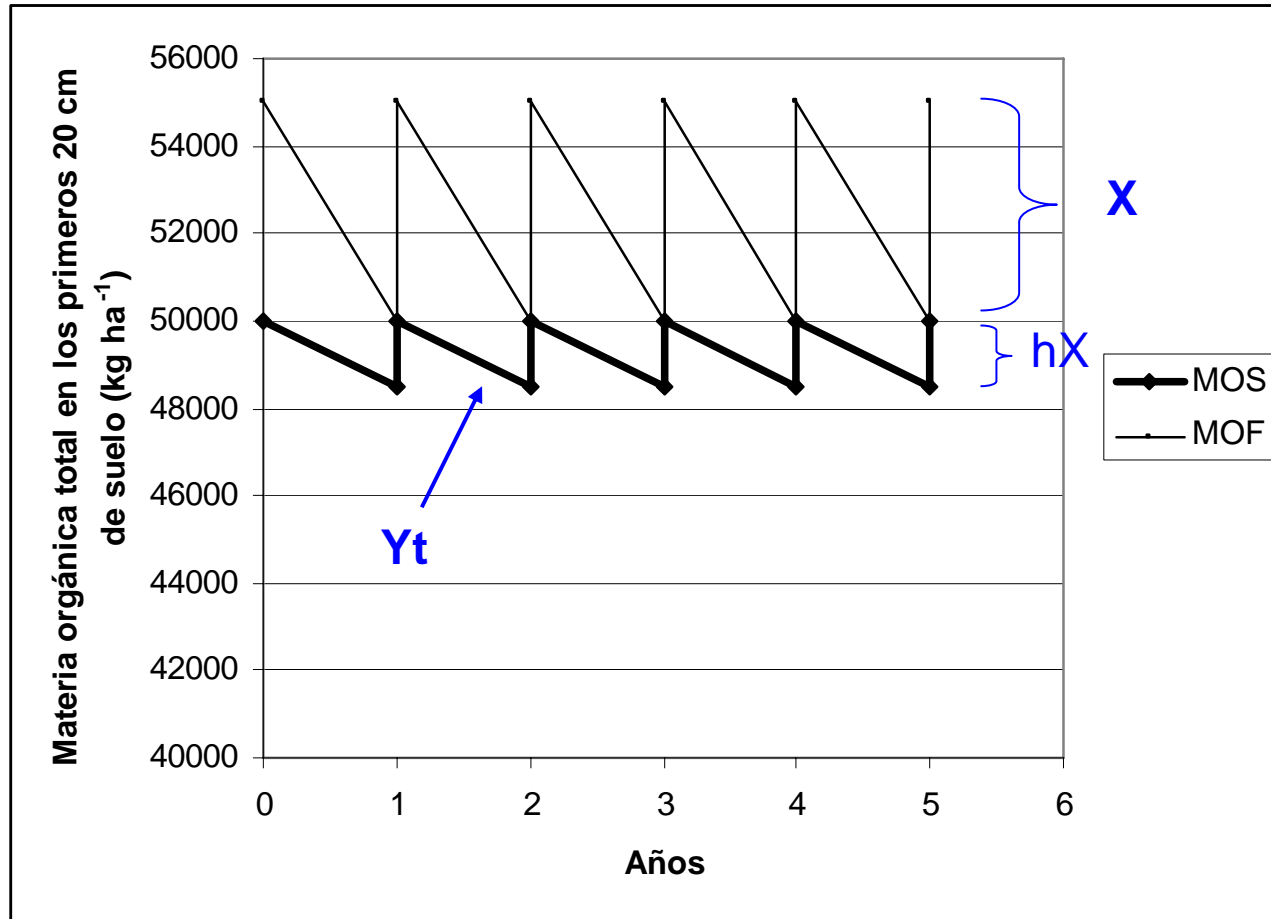
$$2. \quad Y_{t+1} = Y_t(1-r)$$

**Contenido de MOS en equilibrio:  $Y = hX/r$**

Donde,  $Y_1$  es la cantidad de MOS originada de  $X$  luego de un año;  $X$  es la cantidad de MO aplicada al suelo por año; y  $h$  es el coeficiente de humificación (cantidad remanente después de un año de la MO fresca aplicada).

$Y_t$  e  $Y_{t+1}$  es la cantidad de MOS presente en el tiempo  $t$  y tiempo  $t+1$ ;  $r$  es la fracción de MOS que se descompone cada año.

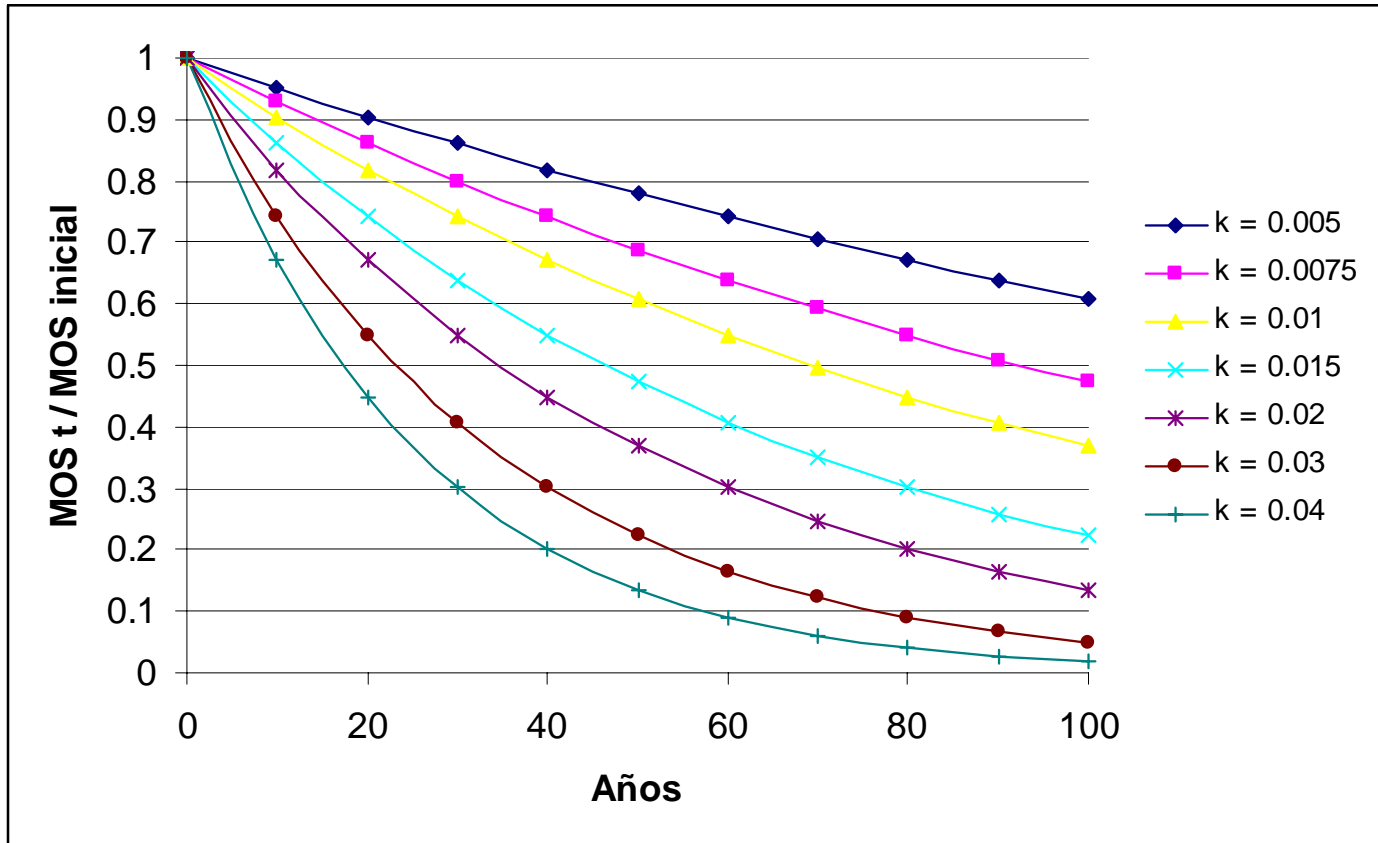
# Bases teóricas del modelo ROTSUM



Suelo conteniendo 50000 kg MO en los primeros 20 cm, aplicación anual de 5000 kg de MO fresca,  $r = 0.03$  y  $h = 0.3$

# Bases teóricas del modelo ROTSUM

Descomposición de la materia orgánica presente en el suelo (Henin y Dupuis, 1945)

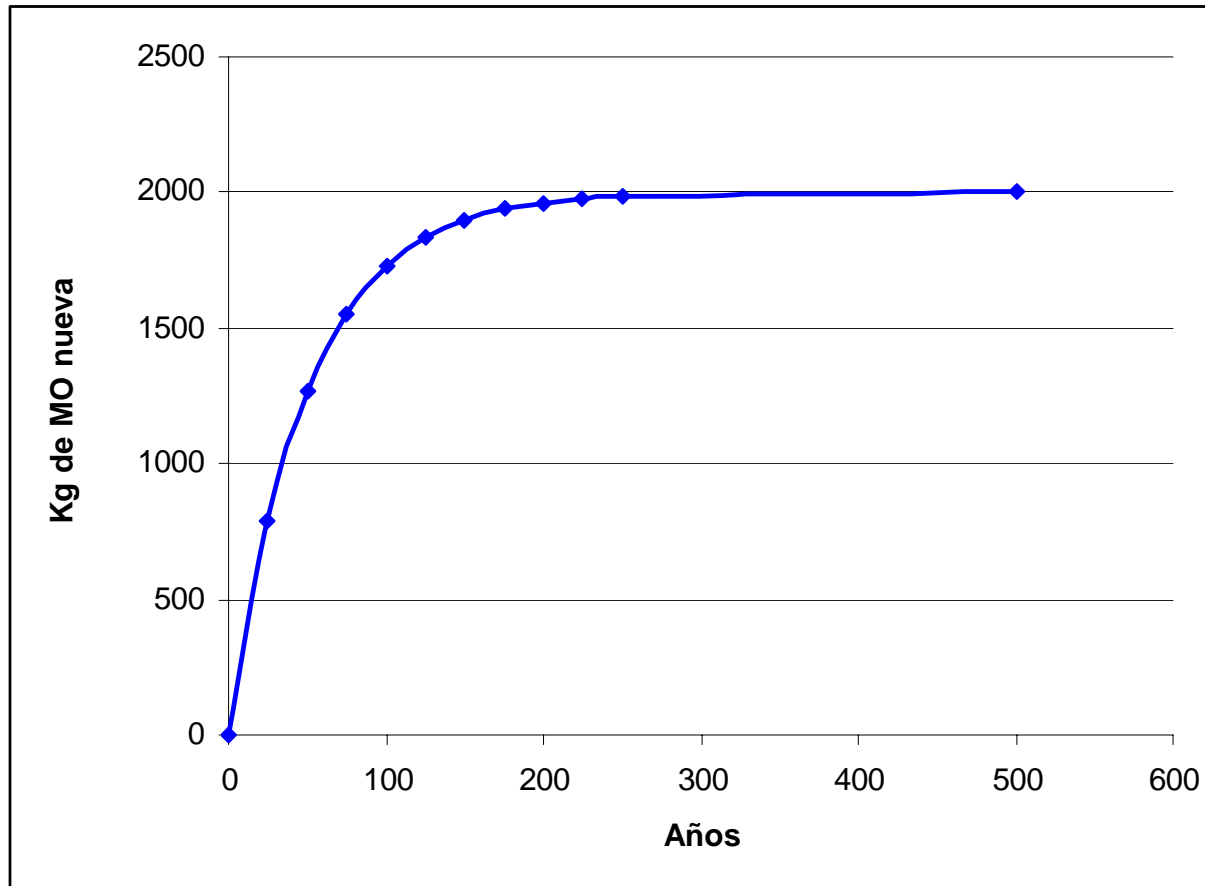


$$\text{MOS } t / \text{MOS inicial} = e^{-k t}$$

$$\text{Ln MOS } t = -k t + \text{Ln MOS inicial}$$

# Bases teóricas del modelo ROTSOM

Formación de nueva materia orgánica en el suelo (Henin y Dupuis, 1945)



$$X = 100$$

$$H = 0.4$$

$$k = 0.02$$

$$M_{\text{Onueva}}_t = hX/k * (1 - e^{-k t})$$

# Bases teóricas del modelo ROTSUM

Formación de nueva materia orgánica en el suelo (Henin y Dupuis, 1945)

$$\text{MOtotal}_t = \underbrace{hX/k * (1 - e^{-k t})}_{\text{Evolución de la materia orgánica fresca agregada al suelo}} + \underbrace{\text{MOS inicial} * e^{-k t}}_{\text{Evolución de la materia orgánica original presente en el suelo}}$$

Evolución de la materia orgánica fresca agregada al suelo

Evolución de la materia orgánica original presente en el suelo

# Bases teóricas del modelo ROTSOM

## Simulación de la evolución del contenido de materia orgánica original del suelo:

1. Estimación del pool de humus recalcitrante o muy estable (Rülmann, 1999):

$$C_{\min} (\%) = 0.017 * B - 0.001 * e^{(0.075*B)}$$

Dónde B = % de arcilla y limo

2. Estimación de la mineralización de la MO inicial del suelo:

$$MOS_t = MOS_{t-1} - ((MOS_{t-1} - MOS_{\min}) * R) * dt$$

$$MOS_{\min} (\text{kg ha}^{-1}) = C_{\min} * 1.723 * D_{ap} * 1000$$

R (año<sup>-1</sup>) = tasa de descomposición (0.03)

# Bases teóricas del modelo ROTSOM

Simulación de la evolución de la materia orgánica agregada durante el período de simulación:

$$A_{it} \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} = A_{i0} * \text{EXP}(-R9i * (\text{FC} * t)^{1-Si})$$

Dónde,

$A_{it}$  es la cantidad de sustrato de tipo  $i$  remanente en el tiempo  $t$

$A_{i0}$  es la cantidad de sustrato de tipo  $i$  agregado al suelo originalmente

$R9_i$  es la tasa relativa de mineralización inicial del sustrato  $i$

$$R9_i = -\text{Ln}(h_i)$$

$S$  es la medida de la velocidad a la cual disminuye la tasa de mineralización del sustrato  $i$  con el tiempo o 'velocidad de envejecimiento del sustrato'

$FC$  es un factor de corrección que combina el efecto de la temperatura media, textura de suelo, humedad,  $ph$  y laboreo en la descomposición de la materia orgánica

# Bases teóricas del modelo ROTSOM

Cálculo del factor de corrección (FC):

## 1. Textura

**FC suelos franco arcillosos a franco arcillo limosos = 0.6** (Janssen, com. pers.)

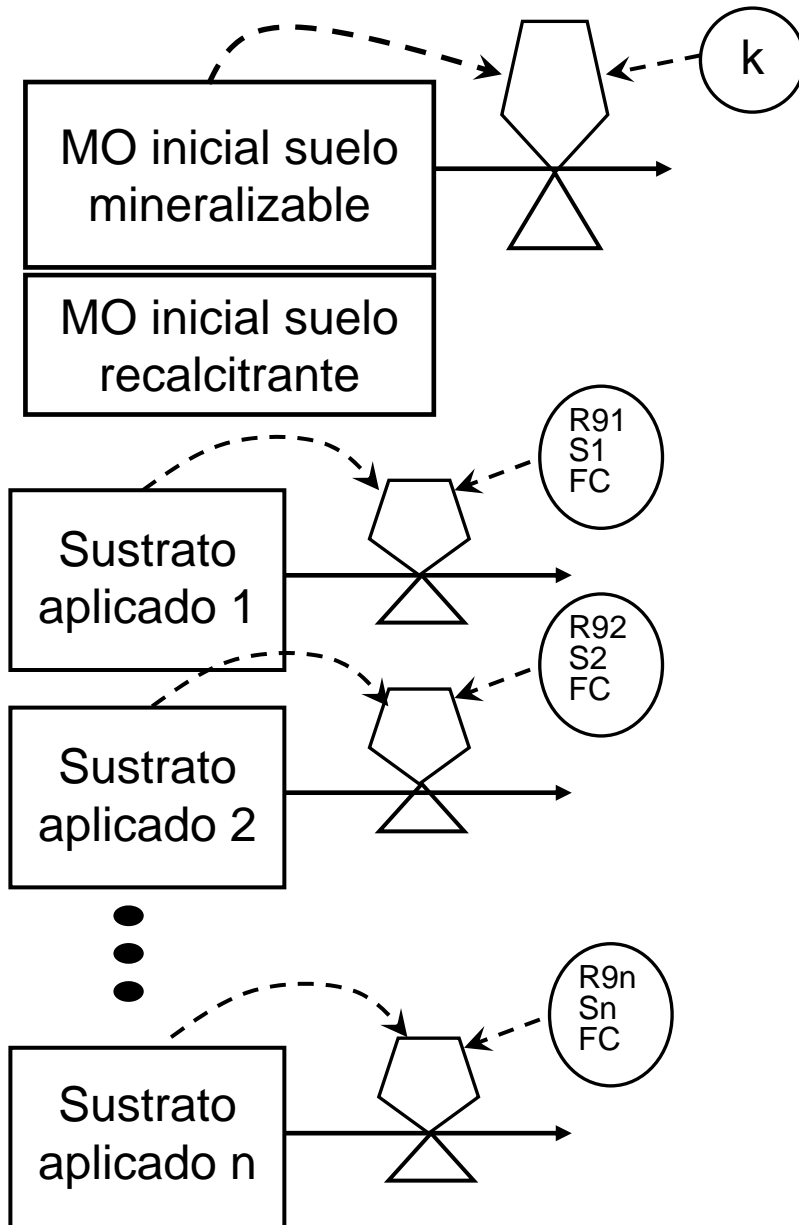
## 2. Temperatura

$$FC_{\text{temp}} = 2^{(T-9)/9}$$

## 3. Laboreo

**FC sin laboreo = 0.5**

# Bases teóricas del modelo ROTSOM



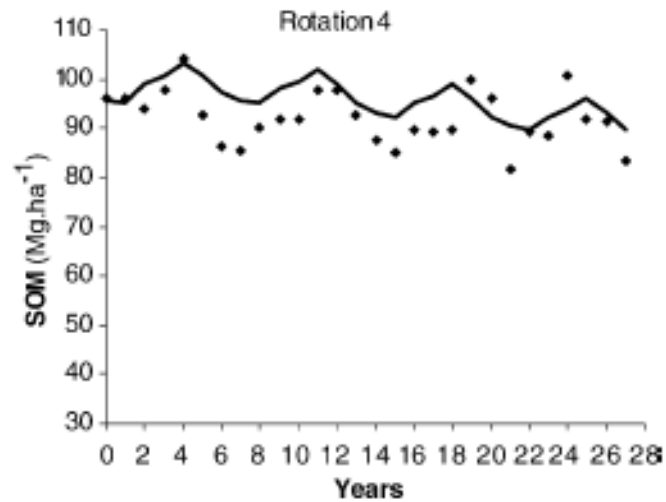
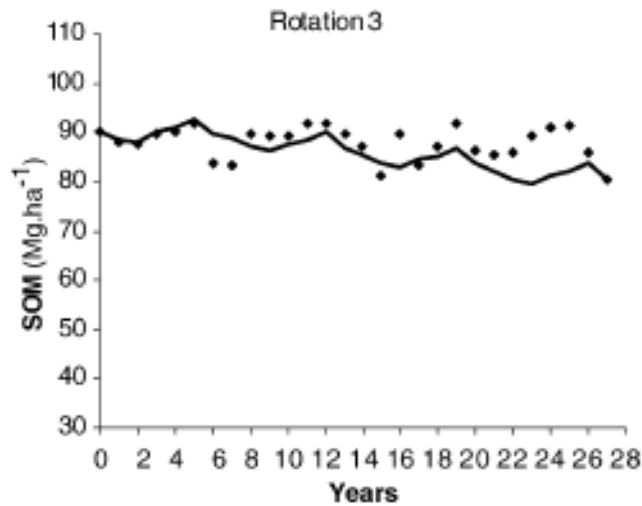
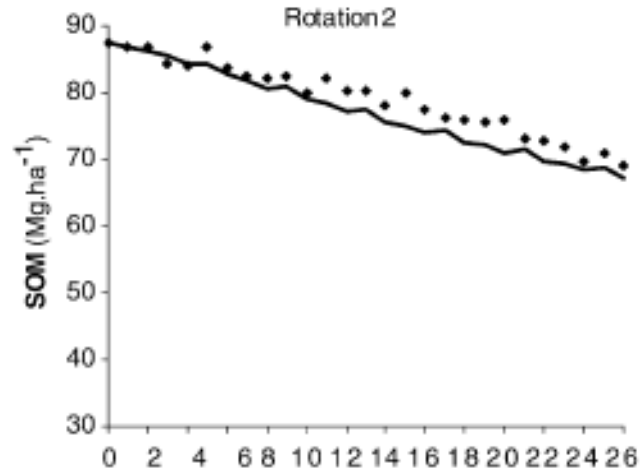
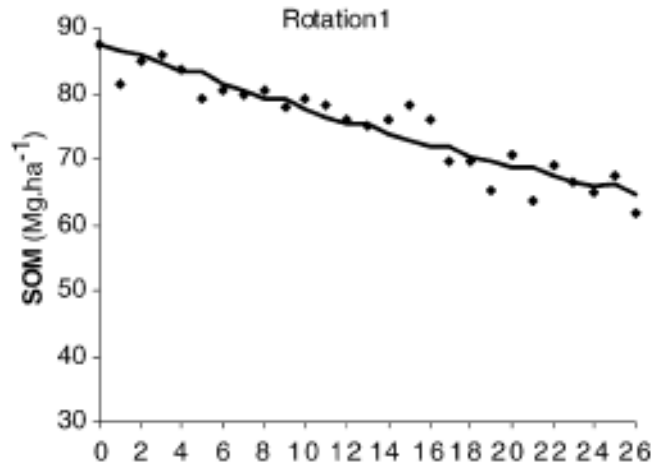
# Bases teóricas del modelo ROTSOM

Table 4.7. Description of four of the crop rotations of the long-term rotation experiment at “La Estanzuela” research station in Southern Uruguay. The experiment started in 1963 on a typical argiudoll. The amount of SOM was estimated using a bulk density of  $1.25 \text{ g cm}^{-3}$  (1% is equivalent to  $25,000 \text{ kg ha}^{-1}$  of SOM in the top 20 cm). Elaborated with data from Dias Rosello (1992).

Rotation	SOM% in 1963	SOM% in 1990	Cumulated grain yield ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )	Cumulated forage yield ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )	Rate of change of SOM ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ )
1 Sorghum-Flax-Wheat-Sunflower (4 year rotation) without fertilizer	3.5	2.5	28.6	0	-929
2 Sorghum-Flax-Wheat-Sunflower (4 year rotation) with fertilizer	3.5	2.8	45.4	0	-670
3 Sorghum-Flax-Wheat-Sunflower-4 year Alfalfa (8 year rotation)	3.6	3.5	28.6	97.5	-136
4 Sorghum-Flax-Wheat-Sunflower- 4 year Grass and Legume pasture (8 year rotation)	3.8	3.6	26.8	99	-176

Extraído de S. Dogliotti (2003)

# Bases teóricas del modelo ROT SOM



Extraído de S. Dogliotti et al., Agricultural Systems 80 (2004) 277–302